

Helsinki 9.10.2003

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT



Hakija
Applicant

Nokia Corporation
Helsinki

Patenttihakemus nro
Patent application no

20022006

Tekemispäivä
Filing date

08.11.2002

Kansainvälinen luokka
International class

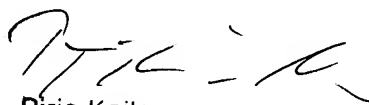
G06F

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Suljetun järjestelmän toimintojen määrittäminen"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.


Pirjo Kaila
Tutkimussihteeri

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Suljetun järjestelmän toimintotietojen määrittäminen

Keksinnön ala

Keksintö liittyy suljettuihin järjestelmiin, erityisesti suljetun järjestelmän toimintotietojen määrittämiseen.

5 Keksinnön tausta

Asiakkaiden vaatimukset kasvavat jatkuvasti elektroniikkalaitteiden, kuten matkaviestinten, käytettävyyden ja sovellusten suhteen. Esimerkiksi matkaviestintä ei nykyään enää käytetä pelkästään puhumiseen, vaan sitä käytetään myös moniin muihin tarkoituksiin, kuten kalenterina, pelikoneena, 10 internet-selaimena ja kamerana. Näiden matkaviestinsovellusten määrä on kasvanut voimakkaasti matkaviestinten yleistymisen ja kehittymisen myötä, ja yhä uusia ja monimutkaisempia matkaviestinsovelluksia on jatkuvasti kehitteillä.

Elektroniikkalaitteiden sovellusten, kuten matkaviestinsovellusten, 15 määrän kasvaessa elektroniikkalaitteelta vaaditaan entistä parempaa suorituskykyä, minkä seurauksena resurssien kulutus ja siten myös tehonkulutus kasvavat huomattavasti. Elektroniikkalaitteessa voi siten syntyä tilanteita, joissa elektroniikkalaitteelta vaaditaan hetkellisesti paljon suorituskykyä tai toisaalta sovellusten ollessa ei-aktiivisessa tilassa elektroniikkalaitte on niin sanotusti 20 tyhjäkäynnillä. Elektroniikkalaitteen suorituskyky ei siten vastaa aina todellista suorituskyvyn tarvetta.

Tunnetun tekniikan mukaisten ohjelmistopohjaisten järjestelmän toimintotietojen, kuten kellopulssien, ja suorituskyvyn määritysmenetelmien on vaikea seurata suljetun järjestelmän, kuten ASIC-piirin, toimintaa ja siten myös 25 suljetun järjestelmän toimintakapasiteetin jakautumista, sillä itse ohjelmiston toiminta aiheuttaa väyläkuormaa suljettuun järjestelmään. Tämän vuoksi elektroniikkalaitteen suorituskykyä määritetään yleisesti suljetun järjestelmän sisältäpäin, mikä ei mahdollista varsinaisten ongelmien aiheuttajien sijaintien selvittämistä. Ongelmina ovat lisäksi määritysmenetelmien hitaus ja se, että 30 toimintotietoja ja suorituskykyä voidaan määrittää vasta suunnittelun myöhäisessä vaiheessa analyttisillä menetelmillä ja tällöinkin määritys on vain arvio todellisista toimintotiedoista ja suorituskyvystä. Määrityksen epätarkkuus voi aiheuttaa päätelaitteen toiminnallisia ongelmia. Lisäksi esimerkiksi cache-muistin suorituskykyä ja koko suljetun järjestelmän taajuutta ei ole mahdollista 35 määrittää nykyisillä menetelmillä lainkaan. Ongelmana on lisäksi määritysme-

netelmien monimutkaisuus, mikä osaltaan aiheuttaa lisäkustannuksia ja virheriskin kasvua.

Julkaisun US 5 164 969 tunnetulla ratkaisulla mitataan ja säädetään RISC (Reduced Instruction Set Computer) -järjestelmän suorituskykyä (performance). Mainitun julkaisun määrittäminen perustuu kuitenkin yhtäjaksoisten syklien minimi- ja maksimimäärien laskemiselle yhdelle RISC-järjestelmätapahtumalle. Määrittäminen ongelmana on se, että sillä lasketaan huippuarvoja, eikä jatkuvaa suorituskertojen määrää.

Keksinnön lyhyt selostus

Keksinnön tavoitteena on siten kehittää menetelmä ja menetelmän toteuttava laitteisto siten, että yllä mainittujen ongelmien haittoja voidaan vähentää. Keksinnön tavoite saavutetaan menetelmällä, järjestelmällä, laitteistolla ja ohjelmistoilla, joille on tunnusomaista se, mitä sanotaan itsenäisissä patenttivaatimuksissa. Keksinnön edulliset suoritusmuodot ovat epäitsenäisten patenttivaatimusten kohteena.

Keksintö perustuu siihen, että ainakin yhteen suljetun järjestelmän, kuten ASIC-piiriin, monitoroitavaan komponenttiin, kuten RAM- tai DMA-komponenttiin, on liitetty toiminnallisesti instrumentti, joka on järjestetty keräämään monitoroitavan komponentin toimintotietoja, kuten komponentille tulevia kellopulsseja tai kellopulsseja, jotka kuluvat komponentin jonkin suorituksen aikana. Instrumentti on järjestetty lähettämään edelleen keräämänsä toimintotiedot instrumenttiin toiminnallisessa yhteydessä olevalle datakollektorille, joka käsittää ainakin yhden rekisterin, johon instrumentin lähettämät toimintotiedot tallennetaan.

Keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisesti määrittäjäjärjestelmä käsittää lisäksi ainakin yhden analysointimoduulin, joka on järjestetty vastaanottamaan datakollektorilta lähetettyjä, monitoroitavan komponentin toimintotietoja. Analysointimoduuli on järjestetty määrittämään komponentin suorituskyvyn ja/tai tehonkulutuksen toimintotietojen perusteella. Tätä analysoinnin tuloksena saatavaa tietoa kutsutaan tässä yhteydessä analysointitiedoksi.

Keksinnön erään toisen edullisen suoritusmuodon mukaisesti määrittäjäjärjestelmä käsittää lisäksi säätömoduulin, joka on järjestetty vastaanottamaan analysointimoduulin lähettämiä analysointitietoja. Säätömoduuli käsittää yleisesti ohjelmistolla toteutettavan kontrollialgoritmin, jonka avulla säätömo-

duuli säätää suljetun järjestelmän suorituskykyä ja/tai tehonkulutusta analysointitiedon perusteella.

Keksinnön mukaisella järjestelyllä saavutetaan huomattavia etuja. Eräänä etuna on se, että toimintotietojen määrittämismenetelmää on mahdollista soveltaa sekä suunnitteluvaiheessa, jolloin on mahdollista suunnata suunnittelutoimenpiteitä tarpeiden mukaisesti, että valmiissa lopputuotteessa ajon aikana, jolloin on mahdollista säätää suorituskykyä tarpeen mukaan ja siten pienentää resurssien kulutusta, mikä puolestaan mahdollistaa lopputuotteen, kuten matkaviestimen, käyttöjännitteen pienentämisen. Etuna on lisäksi se, että keksinnön mukaisen määrittäjäjärjestelmän laitteistointimentointi on minimaalinen, sillä määrittäjäjärjestelmä voidaan toteuttaa ainakin osittain ohjelmistolla. Toimintotietojen määrittäjäjärjestelmä mahdollistaa suljetun järjestelmän suorituskyvyn optimoinnin nopeasti ja luotettavasti, ja siten suunnittelua voidaan parametrisoida ja olemassa olevien resurssien käytön hyötysuhdetta voidaan parantaa. Etuna on lisäksi se, että ohjelmistosuunnittelija voi helposti havaita oman sovelluksensa vaikutuksen suljetun järjestelmän suorituskykyyn, ja siten havaita mahdollisten ohjelmistosuunnittelulle varattujen resurssien ylittämisen.

Kuvioiden lyhyt selostus

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä viitaten oheisiin kuvioihin, joista

kuvio 1 esittää yksinkertaistettua mikrotietokonetta ja sen olennaimmat komponentit,

kuvio 2 esittää yksinkertaistettua prosessorin rakennetta ja,

kuvio 3 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisen määrittäjäjärjestelmän lohkokaaavion.

Keksinnön yksityiskohtainen selostus

Digitaaliset elektroniikkalaitteet, kuten matkaviestimet, käsittävät yleisesti useita mikrotietokoneita. Mikrotietokoneen tärkeimmät komponentit tyypillisesti ovat prosessori 1, muisti 2, oheislaitteet 3 ja liitäntälogiikka 4 kuvion 1 mukaisesti.

Prossessori 1 on mikrotietokoneen toimintaa ohjaava yksikkö, joka suorittaa muistissa 2 olevia ohjelmia 5, käsittelee muistissa 2 olevaa tietoa, ohjaa oheislaitteiden 3 toimintaa esimerkiksi palvelemalla oheislaitteiden 3 palvelupyynnöitä, kuten keskeytyksiä, ja jakaa tarvittaessa mikrotietokoneen re-

sursseja. Prosessorin 1 toiminta perustuu siihen, että prosessori 1 saa bittejä käsittäviä käskyjä.

Muistin 2 tehtävänä on säilyttää prosessorin 1 suoritusta ohjaavia ohjelmia 5 ja pidemmän aikaa säilytettävää tietoa. Muistissa 2 on myös prosessorin 1 omia tietorakenteita, kuten pino ja keskeytysvektori. Muisti 2 voidaan jakaa karkeasti ohjelmamuistiin (Read Only Memory, ROM), johon yleisesti tallennetaan kiinteät ohjelmat, kuten käyttöjärjestelmät, ja käyttömuistiin (Random Access Memory, RAM), johon voidaan kirjoittaa ja josta voidaan lukea.

Oheislaitteet 3 liittävät mikrotietokoneen ulkomaailmaan 6, sillä oheislaitteet 3 voivat siirtää tietoa mikrotietokoneesta sekä ulos- että sisään-päin. Yleisesti prosessori 1 ohjaa oheislaitteiden 3 toimintaa, mutta oheislaitteet 3 pystyvät myös keskustelemaan prosessorin 1 kanssa. Esimerkiksi prosessori 1 tarkistaa tietyin väliajoin, tarvitsevatko oheislaitteet 3 palvelua (pollaus) tai oheislaitteet 3 pyytävät prosessorilta 1 apua tarvittaessa (keskeytys).

Liitäntälogiikan 4 tehtävänä on liittää prosessori 1, muisti 2 ja oheislaitteet 3 toisiinsa tyypillisesti väylälogiikalla. Lisäksi väylälogiikka voi liittää oheislaitteita 3 ulkomaailmaan 6. Väylät koostuvat johtimista, ja ne voidaan yleisesti jakaa ohjausväylään, joka välittää ohjaukset prosessoriin 1 kytketyille komponenteille, osoiteväylään, joka kertoo muistiosoitteen, johon esimerkiksi tieto halutaan tallentaa, ja dataväylään, jossa itse tieto kulkee.

Kuvioissa 1 ja 2 käytetään samaa viitenumerointia. Kuviossa 2 esitetään prosessorin 1 rakennetta yksityiskohtaisemmin. Ennen tiedon käsittelyä prosessori 1 yleisesti siirtää tiedon prosessorin 1 ulkopuolisesta muistista 2 prosessorin 1 sisällä oleviin muistipaikkoihin eli rekistereihin. Myös tiedon prosessoinnin yhteydessä syntyviä välituloksia pidetään rekistereissä, sillä se nopeuttaa prosessorin toimintaa. Prosessorien 1 tyypillisiä rekistereitä ovat muun muassa akku 7 ja osoiterekisteri 8. Kun prosessorin 1 pitää lukea tietoa jostakin yksiköstä, osoiterekisteriin 8 asetetaan tulkin 9 osoite, joka siirretään osoiteväylälle 10. Tulkki 9 antaa kolmetilapuskurille 11 ohjaussignaalin 12, jonka seurauksena ottosignaali 13 pääsevät dataväylälle 14. Seuraavan kellopulssin aikana ottosignaali 13 tallentuvat akkuun 7. Prosessorissa 1 on yleisesti myös ohjelmanaskuri 15, jonka tehtävänä on osoittaa seuraavaksi suoritettavan käskyn osoite muistissa 2, ja käskyrekisteri 16, jonka tehtävänä on tallentaa muis-

tista 2 haettu käsky siten, että ohjausyksikkö 17 ehtii tulkita ja suorittaa ohjaussignaaleista 18 koostuvan tapahtumasarjan.

Ohjaus- ja säätötehtävien lisäksi mikrotietokoneiden toinen tärkeä sovellusalue on matemaattiset laskentatehtävät, joiden suorittamista varten prosessorissa 1 on aritmeettis-looginen yksikkö (Arithmetic Logic Unit, ALU) 19. Prosessori käsittää yleisesti myös lippuja, jotka ovat eri toimintojen seurauksena loogiseksi ykköseksi tai nolllaksi asetettuja kiikkuja. Päätöksenteko mikrotietokoneessa riippuu eri lippujen asennoista. Esimerkiksi Z-lippu 20 asetetaan ykköseksi, kun akun sisältö on nolla. Kun sisältö poikkeaa nolllasta, nolllataan Z-lippu 20.

ASIC-piiri (Application Specific Integrated Circuit) on logiikkapiiri, jossa transistorien muodostamia logiikkaportteja voi yleisesti olla jopa useita miljoonia. ASIC-piiriin syötetään tyypillisesti kellosignaali, jonka tahdissa piirillä olevat logiikat toimivat. ASIC-piireihin voidaan suunnitella itsenäisiä loogisia kokonaisuuksia. Siten tällaisella piirillä voidaan saavuttaa erinomaisia sovel-luskohtaisia ominaisuuksia. Lisäksi ASIC-piirit ovat nopeita logiikkaporttien lyhyiden viiveiden takia. ASIC-piirin suunnittelu on aikaavievää ja suhteellisen kallista, mutta suunnittelussa yleisesti käytetty VHDL-kieli (Very high speed integrated circuit Hardware Description Language) mahdollistaa koodin hyväksikäytön myöhemmissä tuotteissa. ASIC-piireihin on nykyään saatavilla valmiita piiriin integroitavia lohkoja eli IP-lohkoja (Intellectual Property blocks), kuten ohjelmistokirjastoja, DSP-ytimiä (Digital Signal Processing cores), prosessoreita, muistipiirejä ja laskureita.

ASIC- ja FPGA (Field Programmable Gate Array) -piirit ovat erittäin esimerkkejä suljetuista järjestelmistä. Suljetulla järjestelmällä tarkoitetaan tämän keksinnön yhteydessä tiedonkäsittelyjärjestelmää, joka valmistusprosessin jälkeen käsittää olennaisesti tarvittavat osat, mutta johon vielä valmistuksen jälkeenkin voidaan lisätä osia siten, että osien lisäämisen jälkeen muodostuu uusi suljettu järjestelmä.

Elektroniikkalaitteissa ohjelmiston toiminta vaatii suorituskyyä elektroniikkalaitteen suljetulta järjestelmältä. Toisinaan suorituskyyä vaaditaan hetkellisesti paljon, kun taas välillä elektroniikkalaitte on tyhjäkäynnillä. Suorituskyyvaatimukset vaihtelevat siten huomattavasti ja elektroniikkalaitteen suorituskyy ei siten vastaa aina todellista suorituskyyvyn tarvetta. Tunnetun tekniikan mukaiset toimintotietojen ja suorituskyyvyn määritysmenetelmät ovat epätarkkoja, monimutkaisia ja hitaita, ja niiden käyttö yleisesti rajoittuu

vain tiettyjen suljetun järjestelmän komponenttien seuraamiseen ja tiettyyn suunnitteluvaiheeseen.

Nyt esillä olevan keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisesti muodostetaan ohjelmistolle rajapinta suljettuun järjestelmään. Rajapinnan kautta saadaan tietoa ASIC-piirin toiminnasta ja toimintakapasiteetin jakautumisesta ohjelmistotoiminnon aikana. Menettelyn avulla on mahdollista selvittää kuinka ohjelmisto kuormittaa ASIC-piiriä ja siten optimoida esimerkiksi ohjelmiston aiheuttamaa resurssien kulutusta. Tämän seurauksena ASIC-piirin käyttäytymisen ymmärtäminen ja havainnollistaminen on helpompaa ja siten ASIC-piirin suunnittelussa tehtyjen muutosten vaikutuksia suljetun järjestelmän suorituskykyyn voidaan analysoida aiempaa luotettavammin ja jo varhaisemmassa vaiheessa.

Viitaten kuviossa 3 esitettyyn yksinkertaistettuun lohkokaavioon selostetaan seuraavassa keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista määrittäjäjärjestelmää, jossa elektroniikkalaitteen, kuten matkaviestimen, suljettu järjestelmä, tässä tapauksessa ASIC-piiri 31, käsittää prosessorin (Micro Controller Unit, MCU) 32, RAM-muistin 33, multimediakortin (Multi Media Card, MMC) 34, muistin suorasaantikomponentin (Direct Memory Access, DMA) 35 ja liitäntälogiikan 36 lisäksi monitoroitaviin komponentteihin 32, 33, 34 ja 35 toiminnallisesti liitettyjä instrumentteja (Instrument, I) 37 ja instrumentteihin toiminnallisesti liitetyn datakolektorin (DataCollector, DC) 38.

Määrittäjäjärjestelmässä instrumentit 37 on järjestetty keräämään monitoroitavien komponenttien 32, 33, 34 ja 35 toimintotietoja, kuten komponenteille tulevia kellopulsseja ja kellopulsseja, jotka kuluvat komponentin jonkin suorituksen, kuten luku- tai kirjoitusoperaation sekä odotustilojen aikana. Instrumentit 37 on järjestetty lähettämään edelleen nämä toimintotiedot toimintoja vastaavien mittaussignaaleiden 39 välityksellä instrumentteihin toiminnallisessa yhteydessä olevalle, ainakin yhden rekisterin (Register, R) 40 käsittävälle datakolektorille 38 esimerkiksi reaaliaikaisesti tai siten, että instrumentti 37 tallentaa toimintotiedot ja datakolektori 38 käy hakemassa toimintotiedot tietyin väliajoin. Komponenttien 32, 33, 34 ja 35 toimintotiedot tallennetaan datakolektorin 38 käsittämiin rekistereihin 40. Datakolektori 38 lähettää toimintotiedot edelleen määrittäjäjärjestelmän käsittämälle analysointimoduulille (Analyzing Module, AM) 41, joka on järjestetty määrittämään suljetun järjestelmän suorituskyvyn toimintotietojen perusteella. Suljetun järjestelmän suorituskyvyn määrittäminen tehdään vertaamalla esimerkiksi komponenttiin sisääntulevien kellopulssi-

en määrää niihin kellopulsseihin, joiden aikana komponentti suorittaa jotain toimintaa. Tätä tietoa voidaan sitten verrata muihin komponentteihin ja saada selville esimerkiksi se, että odottaako joku komponentti jonkin toisen komponentin toimintaa liian pitkään. Analysointimoduulin 41 suorittaman suoritus-
 5 kyvyn määrittäminen tuloksena saadaan niin sanottua analysointitietoa, josta voidaan määrittää ASIC-piirin 31 ominaisuuksia, kuten sisäisiä toimintoja, vii-
 veitä eli latensseja ja sovituskonflikteja. Analysointitietojen perusteella ASIC-
 piirin 31 suorituskykyä voidaan seurata tarkasti.

Koska analysointimoduulilla 41 on väylärajapinta prosessoreille,
 10 analysointitieto on prosessorien saatavilla milloin tahansa. Mittaussignaalien
 39 ja analysointimoduulin 41 lukumäärät on yleisesti mahdollista valita im-
 plementoinnin aikana. Analysointimoduulin 41 toiminta voidaan edullisesti oh-
 jelmoida ajon aikana.

Analysointimoduuli 41 on edelleen järjestetty lähettämään ana-
 15 lysointitietoja kontrollialgoritmin käsittävälle säätömoduulille (Controlling Modu-
 le, CM) 42. Säätömoduuli 42 on järjestetty optimoimaan ASIC-piirin 31 suori-
 tuskykyä kontrolloimalla analysointitietojen perusteella esimerkiksi ASIC-piirin
 31 komponenttien 32, 33, 34 ja 35 toimintakapasiteetin jakautumiseen vaikut-
 tavia parametreja. Myös säätömoduulin 42 toiminta voidaan edullisesti ohjel-
 20 moida ajon aikana.

Analysointitietoa voidaan käyttää myös esimerkiksi ohjelman uudel-
 leenohjelmointiin. Suorituskykyä voidaan optimoida esimerkiksi ajamalla pro-
 sessoria alemmalla kellotaajuudella.

Elektroniikkalaitteiden sovellusten (Application, A) 44 toiminta
 25 perustuu elektroniikkalaitteen käyttöjärjestelmän (Operating System, OS) 43
 toiminnalle. Käyttöjärjestelmä on edullisesti toiminnallisessa yhteydessä säätö-
 moduuliin 42, minkä seurauksena sovellusten 44 toiminnan aiheuttamaa re-
 surssien kulutusta voidaan määrittää ja säätää keksinnön mukaisesti.

Instrumentit 37 on mahdollista toteuttaa myös pelkkinä johtimina
 30 monitoroitavien komponenttien 32, 33, 34 ja 35 ja datakolektorin 38 välillä.
 Lisäksi instrumenttien 37 ei välttämättä tarvitse olla liitetty suoraan monitoroi-
 tavaan komponenttiin 32, 33, 34 tai 35, vaan instrumentti 37 voi sijaita missä
 tahansa ollen kuitenkin toiminnallisessa yhteydessä monitoroitavaan kompo-
 nenttiin 32, 33, 34 tai 35. Myös datakolektori 38 on mahdollista implementoida
 35 suljetun järjestelmän 31 sisä- tai ulkopuolelle ollen kuitenkin toiminnallisessa
 yhteydessä instrumentteihin. Lisäksi yksi datakolektori 38 voi kerätä usean eri

5 suljetun järjestelmän komponenttien toimintotietoja. Erään edullisen suoritusmuodon mukaisesti järjestelmällä määritetään suljetun järjestelmän toimintotietoja järjestelmän tehonkulutuksen määrittämiseksi ja säätämiseksi. Analysointimoduulissa määritetään monitoroitavien komponenttien toimintotietojen, kuten kellopulsseiden, avulla esimerkiksi komponenttien toimintataajuuksia, joista voidaan edelleen määrittää suljetun järjestelmän tehonkulutus. Analysointitiedon perusteella voidaan säätää järjestelmän tehonkulutusta.

10 Edellä kuvatun suljetun järjestelmän toimintotietojen määrittämisjärjestelmän avulla voidaan toteuttaa määrittämisjärjestelmä suljetun järjestelmän 31 toimintotietojen määrittämiseksi. Määrittämisjärjestelmän erään edullisen suoritusmuodon mukaisesti kerätään suljetun järjestelmän monitoroitavista komponenteista 32, 33, 34 ja 35 toimintotietoja komponentteihin toiminnallisesti liitettävien instrumenttien 37 avulla. Instrumentit 37 lähettävät toimintotiedot edelleen datakolektorille 38, jossa ne tallennetaan ainakin yhteen rekisteriin
15 40: Monitoroitavien komponenttien 32, 33, 34 ja 35 toimintotiedot lähetetään analysointimoduulille 41, jossa määritetään suljetun järjestelmän 31 suorituskyky vastaanotettujen komponenttien 32, 33, 34 ja 35 toimintotietojen perusteella.

20 Erään toisen edullisen suoritusmuodon mukaisesti analysointimoduuliin 41 voidaan toiminnallisesti liittää säätömoduuli 42, jolloin suljetun järjestelmän 31 suorituskykyä voidaan säätää analysointimoduulilta 41 vastaanotetun analysointitiedon perusteella.

25 Keksinnön mukaiset määrittämisjärjestelmä ja -menetelmä tarjoavat luotettavan, nopean ja helposti toteutettavan keinon suljetun järjestelmän toimintotietojen määrittämiseksi ja suorituskyvyn säätämiseksi. Määrittämisjärjestelmän avulla on mahdollista parantaa suorituskyvyn hyötysuhdetta ja siten pienentää energiankulutusta sekä elektroniikkalaitteen käyttöjännitettä. Koska määrittämisjärjestelmää voidaan käyttää jo suunnitteluvaiheessa, voidaan suunnittelunaikaisia toimenpiteitä suunnata tarpeen mukaan ja siten parantaa
30 elektroniikkalaitteen luotettavuutta ja saavuttaa kustannussäästöjä. Lisäksi määrittämisjärjestelmää ja -menetelmää voidaan käyttää valmiissa lopputuotteessa ajon aikana.

35 Keksinnön mukaisten määrittämisjärjestelmien ja -menetelmien laitteistoimplementointi on minimaalinen ja yksinkertainen, sillä yleisesti kaikki korkean tason määrittämis- ja säätötoiminnallisuudet voidaan toteuttaa ohjelmistolla.

Keksinnön mukaisella toimintotietojen määrittäjäjärjestelmällä on kaksi erilaista käyttötarkoitusta. Tutkimuksen ja tuotekehityksen aikaisessa järjestelmäanalyysissä eli niin sanotussa verifiointissa määrittäjäjärjestelmää on mahdollista käyttää suljetun järjestelmän, kuten ASIC-piirin, ohjelmistotoiminnan aikaisten toimintotietojen määrittämiseen. Määrittäjäjärjestelmä mahdollistaa ohjelmistotoiminnosta aiheutuvien suljetun järjestelmän tuottamien viiveiden eli latenssien, mahdollisten kuumien kohtien (hot spots) ja pullonkaulojen määrittämisen. Ongelmakohtien varhainen löytyminen helpottaa suunnittelua ja parantaa lopputuotteen luotettavuutta. Toinen käyttötarkoitus on valmiin elektronikkalaitteen ajonaikainen suorituskyvyn määrittäminen analysointimoduulin avulla ja tarpeen mukaan suorituskyvyn säätö säätömoduulin 42 käsittämällä kontrollialgoritmin avulla.

Uuden määrittäjäjärjestelmän implementointi suljettuun järjestelmään ja integrointi osaksi ohjelmistoanalyysityökaluja tarjoaa ohjelmistosuunnittelijalle mahdollisuuden havaita nopeasti ja vaivattomasti hänen sovelluksensa vaikutuksen suljetun järjestelmän toimintaan. Suunnittelija voi antaa analyysille parametreja ohjelmiston aiheuttamasta prosessorikuormasta ja suorituskäytöstä määrittäessään. Toisin sanoen, ohjelmistosuunnittelija voi selvittää helposti rikkooko ohjelmistomoduuli ohjelmistosuunnittelulle asetettuja rajoituksia.

Edellä on kuvattu määrittäjäjärjestelmä ja -menetelmä suljetun järjestelmän toimintotietojen ja suorituskäytön määrittämiseksi. Määrittäjä- ja säätötoiminnallisuudet voidaan edullisesti aikaansaada elektronikkalaitteeseen sovitettavissa olevalla ohjelmistotuotteella, joka voi käsitellä ohjelmistokoodin monitoroitavien komponenttien toimintotietojen suorituskertojen vastaanottamiseksi ja suljetun järjestelmän suorituskäytön ja/tai tehonkulutuksen määrittämiseksi vastaanotettujen, monitoroitavien komponenttien toimintotietojen perusteella, ja ohjelmistokoodin suljetun järjestelmän suorituskäytön ja/tai tehonkulutuksen säätämiseksi analysointimoduulilta (41) vastaanotetun analysointitiedon perusteella, ohjelmistokoodin analysointimoduulin (41) toiminnon ohjelmoimiseksi ajon aikana ja/tai ohjelmistokoodin säätömoduulin (42) toiminnon ohjaamiseksi ajon aikana.

Alan ammattilaiselle on ilmeistä, että tekniikan kehittyessä keksinnön perusajatus voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Keksintö ja sen suoritustavat eivät siten rajoitu yllä kuvattuihin esimerkkeihin, vaan ne voivat vaihdella patenttivaatimusten puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Määritysjärjestelmä suljetun järjestelmän (31) toimintotietojen määrittämiseksi, joka suljettu järjestelmä (31) käsittää ainakin jonkin seuraavista monitoroitavaksi järjestetyistä komponenteista:

- 5 - prosessori (32)
- muisti (33)
- oheislaitte (34, 35)
- liitäntälogiikka (36),

t u n n e t t u siitä, että määritysjärjestelmä (31) käsittää:

10 ainakin yhden suljetun järjestelmän (31) monitoroitavaan komponenttiin (32, 33, 34, 35, 36) toiminnallisesti liitettävän instrumentin (37), joka on järjestetty keräämään toimintotietoja ainakin yhdestä mainitusta komponentista (32, 33, 34, 35, 36), ja

 ainakin yhden rekisterin (40) käsittävän datakolektorin (38), joka on
15 järjestetty vastaanottamaan mainitun instrumentin (37) keräämiä toimintotietoja, joka rekisteri (40) on järjestetty tallentamaan mainittuja toimintotietoja.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen määritysjärjestelmä, t u n n e t t u siitä, että

 määritysjärjestelmä käsittää lisäksi ainakin yhden analysointimoduulin (41), joka on järjestetty vastaanottamaan datakolektorilta (38) mainitun ainakin yhden komponentin (32, 33, 34, 35, 36) toimintotietoja ja määrittämään suljetun järjestelmän (31) suorituskyvyn ja/tai tehonkulutuksen vastaanotettujen ainakin yhden komponentin (32, 33, 34, 35, 36) toimintotietojen perusteella.
20

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen määritysjärjestelmä, t u n n e t t u siitä, että

 määritysjärjestelmä käsittää lisäksi ainakin yhden kontrollialgoritmin käsittävän, analysointimoduuliin (41) toiminnallisessa yhteydessä olevan säätömoduulin (42), joka on järjestetty säätämään mainitun suljetun järjestelmän (31) suorituskykyä ja/tai tehonkulutusta vasteena analysointimoduulilta (41) vastaanotetulle analysointitiedolle.
30

4. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 3 mukainen määritysjärjestelmä, t u n n e t t u siitä, että

 ainakin yksi seuraavista komponenteista on järjestetty liitettäväksi
35 osaksi suljettua järjestelmää:

- instrumentti (37)

- datakolektori (38)
- analysointimoduuli (41)
- säätömoduuli (42)

5 t u n n e t t u siitä, että
 mainittu instrumentti (37) on johdin monitoroitavan komponentin (32, 33, 34, 35, 36) ja datakolektorin (38) välillä.

6. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 5 mukainen määrittäjäjärjestelmä,
 10 t u n n e t t u siitä, että
 mainittu instrumentti (37) on järjestetty tallentamaan mainittuja toimintotietoja.

7. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 6 mukainen määrittäjäjärjestelmä,
 t u n n e t t u siitä, että
 mainittu datakolektori (38) on järjestetty vastaanottamaan yhden tai
 15 useamman suljetun järjestelmän (31) käsittämien monitoroitavien komponenttien toimintotietoja.

8. Jonkin patenttivaatimuksen 2 - 7 mukainen määrittäjäjärjestelmä,
 t u n n e t t u siitä, että
 analysointimoduulin (41) ja/tai kontrollimoduulin toiminta on ohjel-
 20 moitavissa ajon aikana.

9. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 8 mukainen määrittäjäjärjestelmä,
 t u n n e t t u siitä, että suljettu järjestelmä (31) on jokin seuraavista

- ASIC (Application Specific Integrated Circuit) - piiri
- FPGA (Field Programmable Gate Array) - piiri

25 10. Määrittäjämenetelmä suljetun järjestelmän (31) toimintotietojen määrittämiseksi, joka suljettu järjestelmä (31) käsittää ainakin jonkin seuraavista monitoroitavaksi järjestetyistä komponenteista:

- prosessori (32)
- muisti (33)
- 30 - oheislaitte (34, 35)
- liitäntälogiikka (36),

t u n n e t t u siitä, että
 kerätään suljetun järjestelmän (31) ainakin yhdestä monitoroitavasta komponentista (32, 33, 34, 35, 36) toimintotietoja komponenttiin toiminnallisesti
 35 liitetyn instrumentin (37) avulla,

lähetetään ainakin osa mainituista toimintotiedoista datakollektorille (38), ja

tallennetaan ainakin osa mainituista toimintotiedoista datakollektorin (38) käsittämään ainakin yhteen rekisteriin (40).

5 11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen määritysmenetelmä, tunnettu siitä, että

määritetään datakollektoriin (38) toiminnallisesti liitettyssä analysointimoduulissa (41) suljetun järjestelmän (31) suorituskyky ja/tai tehonkulutus vastaanotettujen ainakin yhden komponentin (32, 33, 34, 35, 36) toimintotietojen perusteella.

10 12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen määritysmenetelmä, tunnettu siitä, että

mainittuun analysointimoduuliin (41) on toiminnallisesti liitetty säätömoduuli (42), jolloin säädetään mainitun suljetun järjestelmän (31) suorituskykyä ja/tai tehonkulutusta vasteena analysointimoduulilta (41) vastaanotetulle analysointitiedolle.

13. Jonkin patenttivaatimuksen 10 – 12 mukainen määritysmenetelmä, tunnettu siitä, että

tallennetaan mainittuun instrumenttiin (37) mainittuja toimintotietoja.

20 14. Jonkin patenttivaatimuksen 10 - 13 mukainen määritysmenetelmä, tunnettu siitä, että

vastaanotetaan yhdellä datakollektorilla 38 yhden tai useamman suljetun järjestelmän (31) käsittämien komponenttien (32, 33, 34, 35, 36) toimintotietoja.

25 15. Jonkin patenttivaatimuksen 11 – 14 mukainen määritysmenetelmä, tunnettu siitä, että

ohjelmoidaan analysointimoduulin (41) ja/tai säätömoduulin (42) toiminta ajon aikana.

30 16. Elektroniikkalaite, joka käsittää suljetun järjestelmän (31), joka suljettu järjestelmä (31) käsittää ainakin jonkin seuraavista monitoroitavaksi järjestetyistä komponenteista:

- prosessori (32)
- muisti (33)
- oheislaitte (34, 35)
- liitäntälogiikka (36),

35 tunnettu siitä, että elektroniikkalaite (31) käsittää lisäksi:

ainakin yhden suljetun järjestelmän (31) monitoroitavaan komponenttiin (32, 33, 34, 35, 36) toiminnallisesti liitettävän instrumentin (37), joka on järjestetty keräämään toimintotietoja mainitusta komponentista (32, 33, 34, 35, 36), ja

5 ainakin yhden rekisterin (40) käsittävän datakolektorin (38), joka on järjestetty vastaanottamaan mainitun instrumentin (37) keräämiä toimintotietoja, joka rekisteri (40) on järjestetty tallentamaan mainittuja toimintotietoja.

17. Patenttivaatimuksen 16 mukainen elektroniikkalaite, t u n n e t -
t u siitä, että

10 elektroniikkalaite käsittää lisäksi ainakin yhden analysointimoduulin (41), joka on järjestetty vastaanottamaan datakolektorilta (38) mainitun ainakin yhden komponentin (32, 33, 34, 35, 36) toimintotietoja ja määrittämään suljetun järjestelmän (31) suorituskyvyn ja/tai tehonkulutuksen vastaanotettujen ainakin yhden komponentin (32, 33, 34, 35, 36) toimintotietojen perusteella.

15 18. Patenttivaatimuksen 17 mukainen elektroniikkalaite, t u n n e t -
t u siitä, että

 elektroniikkalaite käsittää lisäksi ainakin yhden kontrollialgoritmin käsittävän, analysointimoduuliin (41) toiminnallisessa yhteydessä olevan säätömoduulin (42), joka on järjestetty säätämään mainitun suljetun järjestelmän
20 (31) suorituskykyä ja/tai tehonkulutusta vasteena analysointimoduulilta (42) vastaanotetulle analysointitiedolle.

19. Jonkin patenttivaatimuksen 16 - 18 mukainen elektroniikkalaite, t u n n e t t u siitä, että

 elektroniikkalaite on jokin seuraavista:

- 25 - matkaviestin
 - tietokone
 - televisio

20. Elektroniikkalaitteeseen sovitettavissa oleva ohjelmistotuote, t u n n e t t u siitä, että

30 ohjelmistotuote käsittää:

 ohjelmistokoodin elektroniikkalaitteen käsittämän suljetun järjestelmän (31) ainakin yhden monitoroitavan komponentin (32, 33, 34, 35, 36) toimintotietojen keräämiseksi ja

 ohjelmistokoodin mainittujen toimintotietojen vastaanottamiseksi ja
35 tallentamiseksi.

21. Patenttivaatimuksen 20 mukainen ohjelmistotuote, t u n n e t t u siitä, että

ohjelmistotuote käsittää ainakin jonkin seuraavista:

- ohjelmistokoodin suljetun järjestelmän (31) suorituskyvyn ja/tai tehonkulutuksen määrittämiseksi vastaanotettujen ainakin yhden komponentin (32, 33, 34, 35, 36) toimintotietojen perusteella
- ohjelmistokoodin suljetun järjestelmän (31) suorituskyvyn ja/tai tehonkulutuksen säätämiseksi vasteena elektroniikkalaitteen käsittämältä analysointimoduulilta (41) vastaanotetulle analysointitiedolle
- 10 - ohjelmistokoodin analysointimoduulin (41) toiminnon ohjelmoimiseksi ajon aikana
- ohjelmistokoodin analysointimoduuliin (41) toiminnallisessa yhteydessä olevan säätömoduulin (42) toiminnon ohjelmoimiseksi ajon aikana

(57) Tiivistelmä

Järjestely suljetun järjestelmän toimintotietojen määrittämiseksi. Määrittämissysteemä käsittää suljetun järjestelmän monitoroitavaan komponenttiin toiminnallisesti liitettävän instrumentin sekä rekisterin käsittävän datakolektorin. Instrumentilla kerätään komponentin toimintotietoja, jotka lähetetään edelleen datakolektorille. Toimintotiedot tallennetaan rekisteriin. Määrittämissysteemä voi käsittää lisäksi analysointimoduulin, joka määrittää suljetun järjestelmän suorituskyvyn ja/tai tehonkulutuksen vastaanotettujen toimintotietojen perusteella. Määrittämissysteemä voi käsittää lisäksi kontrollialgoritmin käsittävän, analysointimoduuliin toiminnallisessa yhteydessä olevan säätömoduulin, jolla säädetään suljetun järjestelmän suorituskykyä tai tehonkulutusta analysointitiedon perusteella.

(Kuvio 3)

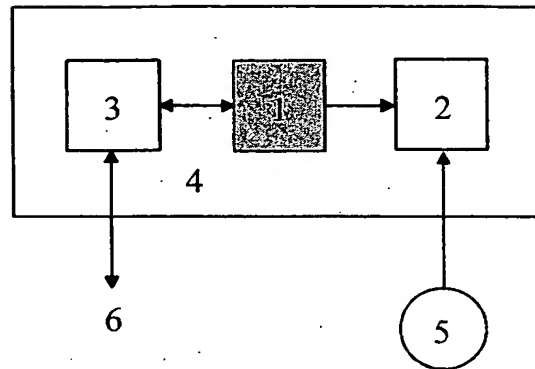


Figure 1.

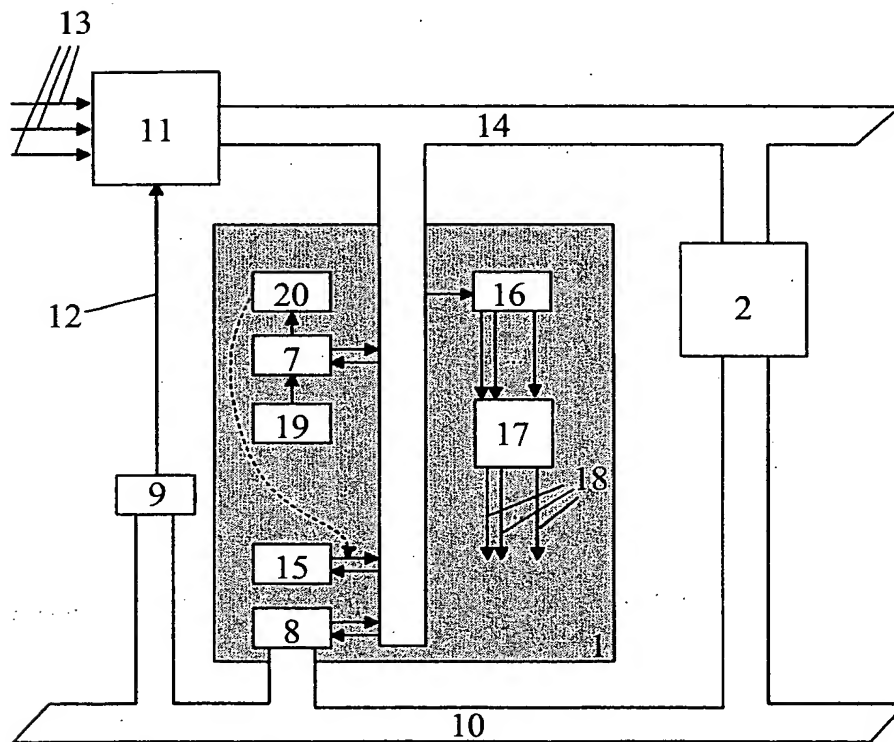


Figure 2.

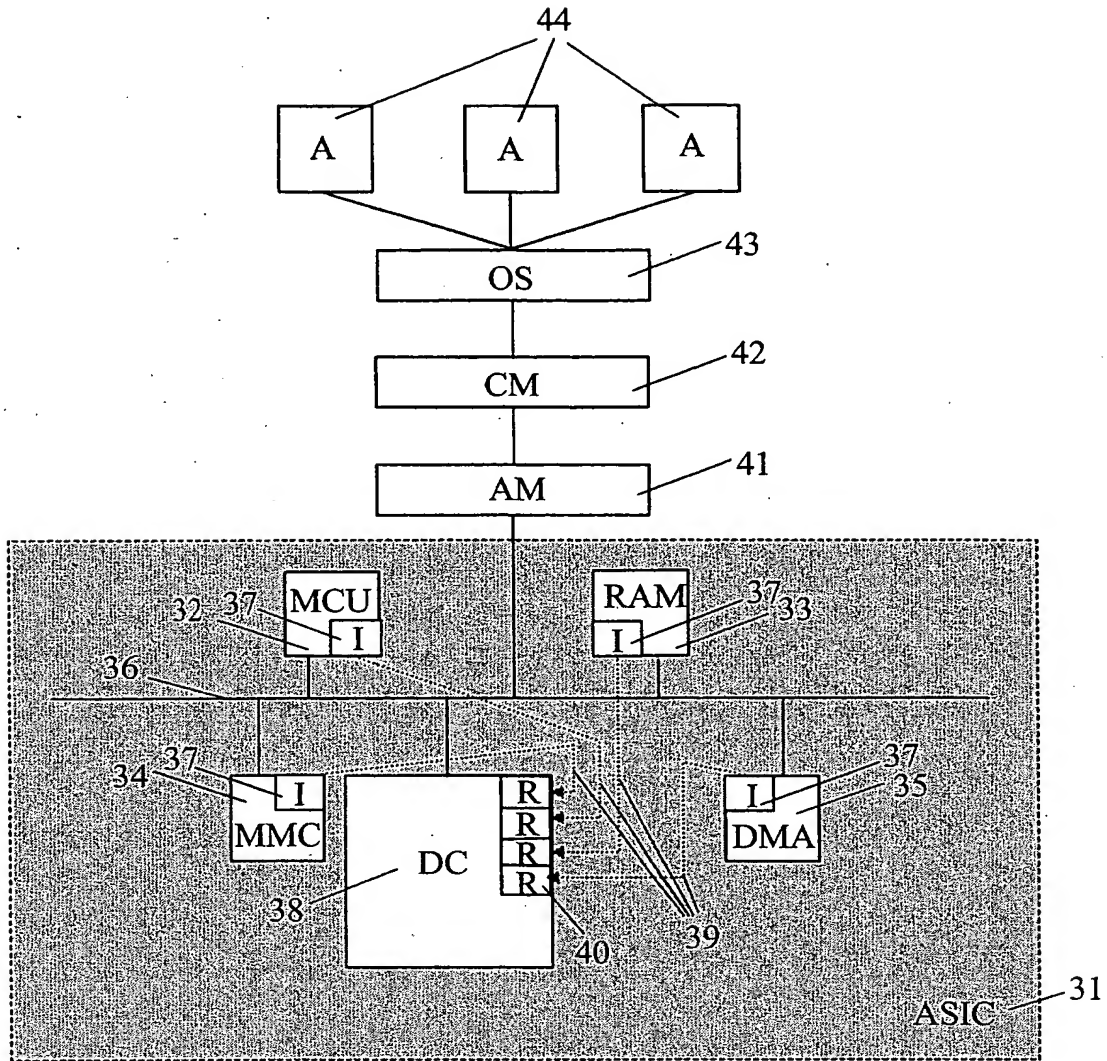


Figure 3.